

## 6. むすび

地震調査研究推進本部の「今後の重点的調査観測について（一活断層で発生する地震及び海溝型地震を対象とした重点的調査観測、活断層の今後の基盤的調査観測の進め方）」（平成17年8月策定）に基づき、活断層帯の重点的な調査観測の推進として、平成24年度より「立川断層帯における重点的な調査観測」が3ヶ年計画で開始し、本年度は最終年度にあたる。

立川断層帯は首都圏の人口稠密地域に位置する。2011年東北地方太平洋沖地震以降、首都圏の地震活動は活発化しており、本断層帯を震源とする将来の地震発生について危惧されている。本断層帯については、変化する応力状態に対応した地震発生の評価に重要な震源断層の形状については不明な点が多く、また長期評価に重要な活動履歴の信頼性は低いとされ、過去の活動時期についてさらに精度良く絞り込む必要がある。また、断層帯の走向から相当程度あると想定される横ずれ成分の平均的なずれの速度は全く不明である。さらに想定震源域が人口稠密地に位置することから、より精度の高い強震動予測が必要になる。こうした背景から、本調査観測では震源断層の形状の解明、断層の詳細位置と活動履歴・平均変位速度の解明、強震動予測高度化を目的として、調査観測を実施した。

初年度の平成24年度は、サブテーマ1の「断層帯の三次元的形状・断層帯周辺の地殻構造解明のための調査観測」では、東京都立川市と武蔵村山市に跨る真如苑プロジェクト管理地でバイプロサイズを震源とする浅層三次元反射法探査および浅層二次元三成分反射法探査を実施するとともに、立川断層帯周辺地域の30ヶ所に観測機器を設置して自然地震の観測を開始し、周辺の地震観測網のデータおよび首都圏地震観測網（MeSO-net）のデータを収集した。サブテーマ2の「断層帯の詳細位置および活動履歴・平均変位速度の解明のための調査観測」では、立川断層帯主部を構成する立川断層の活断層としての性格を明らかにすることを目的として、武蔵村山市榎地区において長さ250 m・幅30 m・深さ10 mにおよぶ巨大トレンチ調査（榎トレンチ）と95 mオールコアボーリング（TC-12-1コア）を実施した。また、史料地震学的手法を用いて1856年安政三年多摩の地震を検討し、深さは下部地殻あるいはフィリピン海プレート上面境界の20数kmと、同断層帯とは直接的な関係がない地震である可能性が高いという結論を得た。サブテーマ3「断層帯周辺における地震動予測の高度化のための研究」では、本断層帯周辺地域において観測された2011年東北地方太平洋沖地震の本震記録のフリーエスペクトル解析より長周期地震動特性の評価を行い、立川断層帯を挟んで振幅および卓越周期などその地震動特性には明確に差異が現れ、当該地域における強震動特性には立川断層帯の段差構造が大きく寄与していることが示唆された。また、レーシーバー関数法を用いた解析の結果、基盤深度は北東に向かって急激に深くなり、その段差は概ね2.3 km程度であることが示唆された。さらに、地下構造モデルの精度向上のため、微動アレイ観測および微動単点観測を実施し、地震動記録を含む地盤情報に関する実測資料が得られた。

平成25年度はサブテーマ1では断層帯周辺の既存の重力データのコンパイルとともに重力値の測定を行い、地下の密度構造についての基礎的な検討を加えた。また、立川市・日野市の富士見台測線と、多摩川の河川敷において、10 m 間隔の受発震での高分解能反射法地震探査を行ったが、明瞭な断層は確認できなかった。また、前年度に設置した30ヶ所の高感度地震計による臨時観測を継続し、得られたデータを周辺の基盤的地震観測網のデータおよび首都圏地震観測網（MeSO-net）のデータと統合し処理を行うとともに、得られたデータから地震波形を切り出し、読み取りを行い、高精度震源情報等を得た。

サブテーマ2では、瑞穂町においてピット調査およびトレンチ調査を実施し、狭山神社地点では、断層は新旧の斜面堆積物を切断する明瞭な断層構造が認められた。断層はほぼ地表面直下まで到達しており、完新世に複数回の活動が認められた。また、底面に露出した断層の微細構造を詳細に検討した結果、左横ずれ断層に特徴的な構造が認められた。また、断層帯の累積変位量・長期的な平均変位速度・反射

断面との対比などを目的として、真如苑プロジェクト用地でオールコアボーリング調査を実施し、コアから礫層や指標テフラを検出し、既存コアにより明らかにされている礫層・テフラや地表に露出するテフラとの対比を検討し、立川断層帯付近における更新統の堆積年代や高度分布に関するデータを得た。また、平成 25 年度に榎トレンチ壁面から採取した火山灰土ブロックに含まれるテフラを分析し、ローム層と礫層の形成年代について検討した。また、史料地震学的な手法を用いて、1615 年元和元年、1630 年寛永七年、1635 年寛永十二年、1643 年寛永二十年、1647 年正保四年、1649 年慶安川崎の六地震に関する史料を検討して、いずれの地震も神奈川県西部や茨城県南西部、フィリピン海プレート内あるいは、その上面境界の二十数 km 以深で発生した、立川断層帯とは直接的な関係がない地震であるという結論を得た。また、南関東で発生した近代以降の地震の中で、1923 年 11 月 5 日の地震が、震源が浅い可能性があることが判った。

サブテーマ 3 では、立川断層帯周辺地域における強震動予測のための 3 次元深部地盤構造モデルの精度向上を目的として、微動アレイ探査結果と微動単点観測記録の H/V スペクトルを用いて、より詳細な 3 次元深部地盤構造モデルの構築を行った。また、最終的に実施するハイブリッド法による強震動予測のための資料を得ることを目的として表層地盤を対象とした微動アレイ探査を 65 地点において実施し、地表から 30m の平均 S 波速度を得ることが出来た。また、3 次元地下構造モデルを用いて 3 次元差分法による中小地震の地震動シミュレーションを行い、構築した 3 次元地下構造モデルに一定の妥当性があることが示された。最後に、推本モデルを用いて地震動予測を試行的に実施し、本断層帯周辺地域において工学的地盤上の最大速度分布を明らかにした。

この様な成果を踏まえて、サブテーマ 1 では平成 25 年度に取得した重力値の測定結果と、断層帯周辺の既存の重力データのコンパイル結果をもとに、断層帯周辺の密度構造解析を行い、震源断層の姿勢と広がりについて検討した。断層による変位地形が明瞭な立川断層北部で浅部での断層形状を明らかにするために、武蔵村山市の箱根ヶ崎測線と、入間市の金子台において、10 m 間隔の受発震での高分解能反射法地震探査を行った。これらの反射法地震探査断面では、断層に伴う花卉状構造が確認できた。断層南部で平成 24 年度の三次元反射法地震探査の再解析とボーリング層序との対比を行い、青梅礫層基底に顕著な変形がないことを明らかにした。また、東京都が断層南部で取得した既存反射法地震探査データの再解析を行い、上総層群の撓曲構造が不整合面に切れ、それより上位には明確な変形の証拠がないことを示した。また、高精度な震源決定処理に用いられた臨時観測データ、基盤の地震観測網データおよび MeSO-net データを利用して、地震波速度トモグラフィ解析を行い、立川断層帯周辺地域における詳細な広域的 3 次元速度構造を得た。高精度な震源分布と 3 次元速度構造を比較した。

サブテーマ 2 では、名栗断層の活断層としての性格を明らかにすることを目的として、埼玉県飯能市において地形地質調査およびピット調査を実施した結果、新期の断層活動を示す積極的な地形・地質学的な証拠を見出すことはできなかった。一方、金子台地区および箱根ヶ崎地区において、新規および既存のボーリングデータを収集し、航測図化の結果を合わせて検討し、立川断層の変位地形の性格について再検討した結果、いずれの地形・地質構造は単純な北上がりの撓曲変形ではなく、断層周辺部が陥没する地溝であり、またこれに沿って左横ずれ変位を伴うと考えられる。また、立川断層南部の極浅部構造を解明するために立川市富士見台地区において P 波極浅層反射法地震探査を実施した結果、立川断層が通過するとされる地点の地下浅部には明瞭な断層によって形成されると期待される変形構造が認められなかった。また、断層帯の累積変位量・長期的な平均変位速度・反射断面との対比などを目的として、東京都青梅市内の 3 地点(いずれも河成段丘面である金子台上)でオールコアボーリング調査を実施し、コアから礫層やテフラを検出し、地表に露出する礫層や既知のテフラとの対比を検討し、立川断層帯付

近における更新統の堆積年代や高度分布に関するデータを得た。また、平成 25 年度に真如苑プロジェクト用地の榎トレンチ壁面およびボーリング掘削で得たオールコア中の礫層について OSL 年代測定を実施した。また、3.2.1 により真如苑プロジェクト用地であらたに実施されたボーリング調査をもとに地下の中期更新世礫層の深度を求め、これまでの成果とあわせて同用地地下における中期更新世礫層の深度分布を明らかにした。加えて、断層変位地形とされる地形周辺の地形面形成年代を明らかにするために、立川市砂川地区 2 地点において後期更新世段丘の編年調査（火山灰分析）を実施した。また、史料地震学的な手法を用いて 18 世紀から幕末の間に東京都と周辺部に被害をもたらした地震のうち、系統的解析が行われていない 1767 年明和四年九月江戸の地震、1791 年寛政蕨の地震、1812 年文化神奈川の地震、1859 年安政岩槻の地震の 4 地震に関する史料を検討して、1767 年は南東北の沖合の地震、その他三地震も関東地方の下に沈み込んでいるフィリピン海プレート内あるいは、その上面境界の二十数 km 以深の地震であり、立川断層帯とは直接的な関係がない地震であるという結論を得た。また、南関東で発生した近代以降の被害地震の中で、これまで諸説あった 1887 年 1 月 15 日 M6.2 の地震が秦野断層あるいは渋沢断層付近に発生した南関東では珍しい浅発地震以外には、浅い地震と判断できるものがないことが判った。

サブテーマ 3 では、本業務では、立川断層帯周辺地域における強震動予測のための 3 次元深部地盤構造モデルの精度向上を目的として、サブテーマ 1b による立川臨時観測および首都圏地震観測網 (MeSO-net) 観測点 (酒井・平田 2009) における地震記録のレシーバー関数法解析と、微動アレイおよび微動単点観測による追加観測の結果を昨年度の結果に統合することにより、昨年度よりさらに詳細な 3 次元深部地盤構造モデルの構築を行った。構築した 3 次元モデルと「長周期地震動予測地図」(地震調査研究推進本部地震調査委員会、2012) (以下、「推本モデル」) による 3 次元モデルを用いて強震動予測を実施し、既存の強震動予測での推本断層モデルにおける両者の予測結果に対しての比較検討を行った結果、立川断層帯周辺における地震基盤の構造が大きく影響していることが明らかとなった。次に、サブテーマ①および②による成果を考慮して本断層帯の震源断層モデルの構築を行った。構築した 3 次元地下構造モデルと震源断層モデルを用いて、81 ケースのシナリオを対象とした地震動予測を実施し、平均値およびばらつき ( $\pm \sigma$ ) の評価を行い、本断層帯周辺地域における地表面の最大速度および震度分布を明らかにした。最後に、浅部地盤探査の実施によって浅部地盤構造が明らかな 50 地点について等価線形化法による解析を実施し、地盤が非線形することによる地震動への影響についての評価を行うことにより、浅部地盤における AVS30 (地下 30m までの平均 S 波速度) との関係について明らかにした。

3 年間の調査で、立川断層は本調査以前に考えられていた断層像とはその性格が大きく異なることが明らかになった。北部は縦ずれ成分を伴う左横ずれ断層であること、歴史時代に断層活動があったことがわかった。これに対して、南部・南端部については、これまで地形学・第四紀地質学的な検討から推定されていた活断層像とは異なり、特に南端部については断層構造自体が認められないことが明らかになった。以上の三年間の成果のとりまとめと総括については、平成 24-26 年度成果報告書で詳しく論じる。